

Posouzení seismického zatížení středověkého Dolu Jeroným v České republice

Zdeněk Kaláb¹

Evaluation of Seismic Load of the Medieval Mine Jeroným, Czech Republic

The medieval mine Jeroným located in the western part of the Czech Republic has been arranged among historical monuments of the Czech Republic. At present, geotechnical and seismological studies are performed to evaluate conditions for preparing this mine for public. It is known that in surroundings is epicentre region of natural earthquakes (NW-Bohemia/Vogtland region). In the past decade, dominant in the seismic activity within this region were swarms that occurred in January 1997 and August-December 2000. The strongest, macroseismically felt shock of swarm of 1997 had an local magnitude of 3.0. A characteristic feature of this region is the repeated occurrence of intraplate $M_L < 5.0$ earthquake swarms. The building operations during reconstruction of mine contribute to seismic load of this mining spaces. Seismological evaluation of current situation are presented in this contribution. First experimental measurement contributed to evaluation of current seismic noise (up to $2E-5$ m.s⁻¹ on vertical component and $5E-6$ on horizontal ones) and seismic effect of heavy traffic on road at surface (see wave pattern on fig. 3 and particle motion on fig. 4) and common human activity.

Key words: Earthquakes, NW-Bohemia/Vogtland region, medieval mine Jeroným, seismic load.

Úvod

Nedílnou součástí úvah o zpřístupnění středověkého Dolu Jeroným v oblasti Čistá u Krásna nad Teplou, který je národní kulturní památkou, je návrh geotechnického a seismologického monitoringu. Základním účelem geotechnického monitoringu je kontrola a dohled nad stavebními pracemi v průběhu všech etap budování a úprav přístupných důlních děl a technického zázemí. Podrobnější výčet plánovaných i prováděných prací pro geotechnický monitoring je uveden v článku Žúrka a Kořínska (připraveno pro tisk AMS). Součástí článku je také zevrubný popis geologické situace, historie dobývání a schéma geografické pozice.

Úvodní seismologické úvahy je možno rozvrhnout do čtyř dílčích témat:

- hodnocení přirozené seismické aktivity v blízkém okolí,
- předpokládané projevy technické seismicity – zatížení dopravou na komunikaci a projevy trhacích prací,
- výsledek krátkodobého experimentálního měření přirozeného seismického pozadí,
- návrh systému seismologického monitoringu.

Úvodní seismologická studie je zpracována za pomoci dostupné literatury, ústní konzultace se seismologickými pracovišti (Geofyzikální ústav AV ČR v Praze a Ústavem fyziky Země Masarykovy university v Brně) a osobní prohlídky jmenované lokality. Experimentální měření bylo realizováno seismologickou aparaturou GCR-16 firmy GeoSIG AG (Švýcarsko) s tříoslovkovým rychlostním a akcelerometrickým snímačem, která poskytuje digitální záznam vlnových obrazů.

Očekávané projevy přirozené seismicity

Nejbližší ohnisková oblast přirozených zemětřesení ke sledované oblasti lokality Dolu Jeroným v Čisté se nachází ve vzdálenosti přibližně 25 km západním směrem. Mladé tektonické pohyby doprovázené vulkanickou činností ovlivnily geologickou stavbu tohoto regionu již během terciéru. I v současné době jsou v západních Čechách a v Německu detekována slabší zemětřesení, nejsilnější z nich jsou pocíťována lidmi, kteří zde žijí, nebo mohou poškodit budovy. První známé zemětřesení je dokumentováno z roku 1198. Zemětřesení se zde zpravidla shlukují do tzv. rojů. Seismické roje v západočeské oblasti jsou pozorovány od 16. století, první zpráva o zemětřeseném roji pochází z roku 1552. Následující popis shrnuje nejpodstatnější seismické dění v této oblasti. Zpracován je podle různých literárních pramenů a ústních konzultací, úplný soupis použité literatury by přesáhl přijatelný rozsah, proto jsou uvedeny jen nejpodstatnější prameny.

Spolehlivější údaje o seismicitě západních Čech jsou k dispozici za období posledních 200 let. Systematicky zde byla seismicita sledována od konce minulého století, nejprve organizovaným sběrem

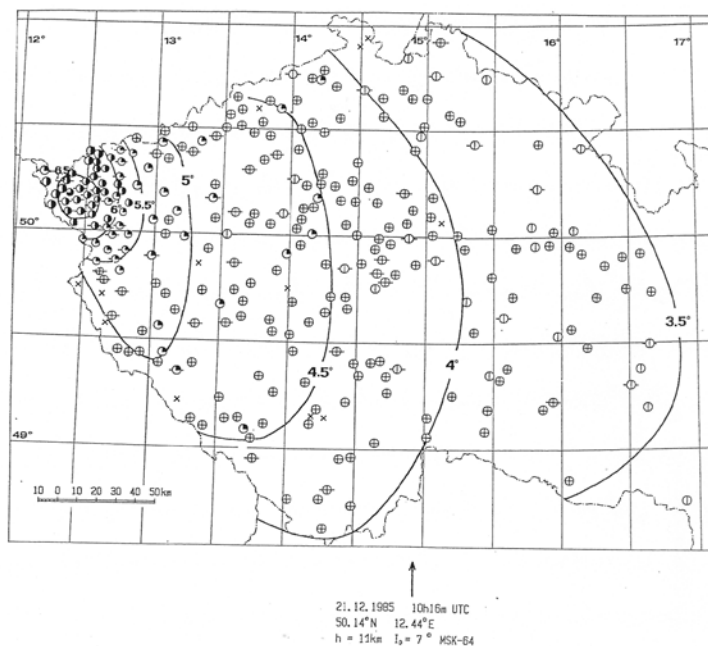
¹ RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc., Ústav geoniky Akademie věd České republiky, Studentská 1768, 708 00, Ostrava – Poruba, Česká republika.
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 28.2.2002)

„makroseismických“ pozorování obyvatel na území Rakouska-Uherska a Německa. V roce 1908 byl v Chebu instalován seismograf. Ten registroval vzdálená zemětřesení i silnější lokální otřesy až do května 1965.

Silné seismické roje byly popsány v letech 1896/97, 1903, 1908/1909. Nejsilnější jevy v těchto rojích dosahovaly makroseismické intenzity téměř 7^o stupnice MSK-64, což zhruba odpovídá lokálnímu magnitudu o hodnotě 4,5. Makroseismicky jsou v této oblasti pocíťovány jevy, jejichž lokální magnitudo přesahuje hodnotu 2. Po období zvýšené aktivity na přelomu 19. a 20. století a následujícímu uklidnění došlo k mimořádně silnému roji až na přelomu roků 1985 a 1986 v oblasti obce Nový Kostel. Jedná se o zatím nejsilnější dokladovaný roj s nejintenzivnějšími zemětřeseními. Na počátku tohoto roje registrovaly jevy v oblasti pouze seismické stanice na území Německa. Ale již v jeho průběhu byly Geofyzikálním ústavem ČSAV v Praze zřizovány lokální stanice I na našem území. Nejsilnější otřes tohoto roje vznikl dne 21.12.1985 v 11:16 a dosáhl lokální magnitudu 4,8 (intenzita 7^o MSK-64).

Po roce 1986 byla seismická aktivita nízká. Bylo zaznamenáno jen několik makroseismicky pocíťených jevů. Seismické stanice zaregistrovaly několik slabých rojů, opět v oblasti Nového Kostela (prosinec 1989 – únor 1990, září 1993, prosinec 1994). Roky 1995 a 1996 byly na seismické jevy velice chudé. V lednu 1997 vznikl zemětřesný roj, při němž v období asi dvou týdnů bylo zaznamenáno více než 1700 mikrozemětřesení, opět v oblasti Nového Kostela. Většina tohoto roje nebyla pocíťena, hloubka ohnisek byla stanovena na 5 až 8 km, magnitudo nejsilnějšího jevu, který byl zaregistrován 17.1.1997 v 22:57, bylo 3,1. Seismická aktivita v oblasti západních Čech se poté opět zredukovala na jednotlivé slabší otřesy. K většímu uvolnění seismické energie došlo od srpna 2001. Vznikl silný zemětřesný roj, v jehož osmi fázích bylo zaregistrováno přes 1500 zemětřesení. Více než 100 z nich bylo pocíťeno i místními obyvateli. Nejsilnější otřes z 6.11.2000 v 23:07 dosáhl lokální magnitudu 3,4. Podle makroseismické dokumentace ho pocíťili nejen obyvatelé Chebska a Sokolovska, ale i na Karlovarsku a Tachovsku. Ohnisková oblast roje se nacházela jižně od obce Nový Kostel v hloubkách 8 až 11 km. Otřesy byly doprovázeny nepříjemnými zvukovými efekty (duněním), což je jeden z charakteristických fenoménů pro západočeská zemětřesení.

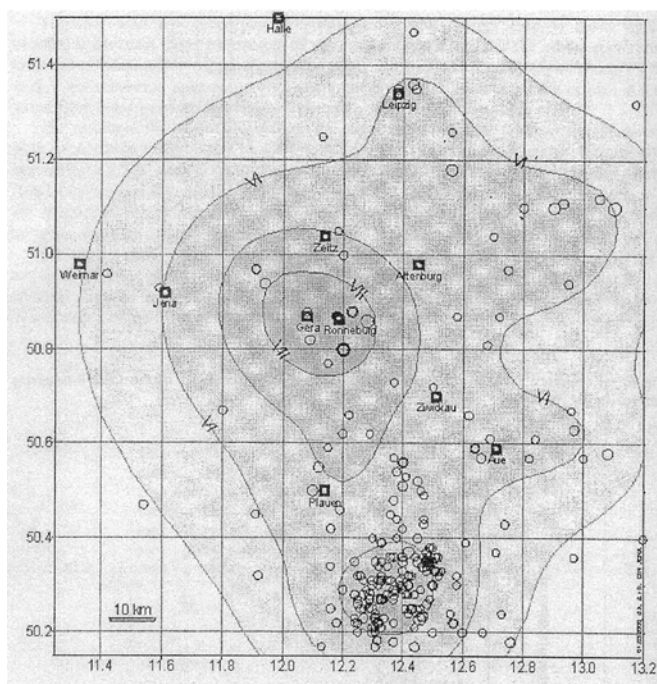
Nyní monitorují seismickou aktivitu v této oblasti digitální seismické stanice provozované Geofyzikálním ústavem AV ČR v Praze, Ústavem struktury a mechaniky hornin AV ČR v Praze a Ústavem fyziky Země Masarykovy university v Brně. Několikaletá registrace dokazuje, že seismická energie v této oblasti je uvolňována i mimo období s makroseismicky pozorovatelnou aktivitou. To probíhá buď vznikem slabých jednotlivých mikrootřesů nebo slabých seismických rojů. Převážná část aktivity se v posledních letech odehrává u obce Nový Kostel, což je pravděpodobně projev mariánsko-lázeňského hlubinného zlomu. Jak plyne z předchozího, seismologický výzkum v této oblasti i nadále pokračuje. Seismické stanice nejbližší k dolu Jeroným jsou u obce Lazy (asi 12 km) a u obce Částkov (asi 20 km). Obě tyto stanice jsou součástí seismické sítě WEBNET, kterou společně provozují pražské ústavy Akademie věd ČR. Detailní popis seismologické situace a nejnovějších výzkumů byl naposledy publikován v roce 2000 v odborném časopise *Studia Geophysica et Geodaetica* (*StudiaGeo*, s.r.o.).



Obr.1. Příklad makroseismického pole nejintenzivnějšího přirozeného zemětřesení ze seismického roje v roce 1985/86
 Fig.1. Example of macroseismic field of the most intensive earthquake adherent to seismic swarm 1985/86

Pro ilustraci je na obr. 1 uveden příklad makroseismického pole nejintenzivnějšího přirozeného zemětřesení ze seismického roje v roce 1985/86 (použita intenzitní stupnice MSK-64). Zeměpisné souřadnice dolu Jeroným jsou přibližně 50°05' a 12°45' (odhadnuty z mapy). Jak je vidět i z obr. 1, makroseismická pole nejsilnějších zemětřesení přesahují v této oblasti 5^o MSK-64. To tedy znamená, že se jedná o „dosti silné zemětřesení, které pocíťují mnozí lidé i za denního ruchu, a to nejen v budovách, nýbrž i venku. Projevuje se ve všech bytech, lidé mají pocit, jako by v domě spadl těžký předmět. Dochází k posunu lehkých kusů nábytku, člověk i s židlí či lůžkem se potácí jako na lodi při vzdušném moři. Rostliny, větve a slabé haluze keřů a stromů se viditelně pohybují jako při mírném větru. Zavěšené předměty se rozkývají, objevují se poruchy chodu kyvadlových

hodin, hodinová péra zvučí, elektrické světlo přerývané svítí nebo zhasíná následkem dotyku volných elektrických drátů. Obrazy klepou o stěnu nebo se posunují, kapaliny z naplněných nádob vyšpláchávají, stojící ozdoby padají. Nábytek a sklo praská, dveře a okenice se otevírají a zavírají. Spící lidé se probouzejí, někteří vyběhají pod širé nebe. Zvířata jsou neklidná.“ Pro úplnost informace uvádíme i definici 6° MSK-64. „Jde o silné zemětřesení, které vzbuzuje strach a paniku. Pociťují je všechny osoby, velmi mnoho lidí opouští budovy. Půda kolísá tak, že je někdy těžké udržet rovnováhu. Na některých domech se objevují jemné trhliny v omítce, která v kouscích odpadává. Ve špatně stavěných domech vznikají mírné praskliny ve zdech. Neupevněné předměty padají z polic, obrazy ze stěn, knihy ze stojanů, většina nádobí se rozbije, tekutiny v nádobách se silně pohybují. Menší zvony se rozezvučí, věžní hodiny bijí.“



Obr.2. Mapa seismického ohrožení dané oblasti podle Kracke et al. (2000).

Fig.2. Map of seismic hazard of the region under discussion (according Kracke et al., 2000).

Kracke et al. (2000) publikoval mapu seismického ohrožení dané oblasti, která představuje intenzity zemětřesení, které budou s pravděpodobností 10% překročeny v období 50 let (obr. 2). Podle mapy seismického ohrožení České republiky (příloha národního aplikačního dokumentu připravovaného Eurokódu 8) lze v zemětřesné západočeské oblasti očekávat zemětřesení

s makroseismickou intenzitou 6° až 6,5°. V hodnotách quazi-efektivního zrychlení se v této oblasti očekávají hodnoty v rozmezí 0,06-0,04 g. Ve studované oblasti jsou dále detekována, případně mohou být i citlivými lidmi pocítěna, intenzivní evropská zemětřesení. Dokladované jevy pocházejí nejčastěji z alpských zemětřesných oblastí (Rakousko, Švýcarsko, Itálie), dále Slovinska a rýnské oblasti (Německo, Nizozemí). Tato zemětřesení, i s ohledem na blízkost zdrojové oblasti u Nového kostela, zřejmě významně nepřispívají k seismickému zatížení studované oblasti.

Očekávané projevy technické seismicity

Technickou seismicitu je nutno rozdělit z hlediska doby jejího trvání.

První skupinu tvoří otřesy od dopravy po nedaleké komunikaci, jejichž projevy se budou vyskytovat po celou dobu jejího používání. Tyto otřesy jsou ve smyslu ČSN 73 0040 hodnoceny jako nahodilá dlouhodobá, případně krátkodobá zatížení. Při stanovení seismického zatížení stavebních objektů se v tomto případě vychází z analýzy odezvy pozemní komunikace zatížené vozidlem jedoucím přes nerovnosti vozovky. Intenzita a charakter otřesů jsou dány hmotností posuzovaných stavebních objektů, rychlostí a zrychlením pohybujících se vozidel, povrchem dráhy, konstrukcí vozovky, typem základové konstrukce, která přenáší otřesy, a geologickými poměry v dané oblasti. Dominantní frekvence otřesů podloží od silniční dopravy jsou zpravidla v intervalu 10 Hz až 80 Hz (v měřítku zrychlení), bez ohledu na směr šíření kmitání. Velikost seismického zatížení a frekvenční spektrum seismické odezvy lze nejpřesněji stanovit experimentálním měřením.

Druhou skupinou technické seismicity, která však bude přicházet v úvahu pouze po dobu výstavby, jsou vibrace vyvolané různými pracovními činnostmi a trhacími pracemi, které budou pravděpodobně nedílnou součástí stavební technologie pro úpravu důlních prostor a výstavbu nových objektů nutných pro zpřístupnění dolu Jeroným pro širší veřejnost. V následující obrázku (tab. 1) jsou uvedeny typické rozsahy rezonanční odezvy stavebních objektů, které jsou vyvolány různými druhy technické seismicity.

Skutečné velikosti jednotlivých druhů technické seismicity lze stanovit experimentálním měřením, případně odhadnout ze zkušebního měření (využití empirických vztahů pro výpočet parametrů zatížení například z odpalu zkušební nálože s nižší normovou hmotností než navrhovanou hmotností a pod.). Vhodné vztahy lze nalézt např. v ČSN 73 0040 nebo v Dojčár et al. (1996).

Tab.1. Typické rozsahy vybraných charakteristik rezonanční odezvy způsobené různými zdroji seismicity (podle ISO 4866:1990).

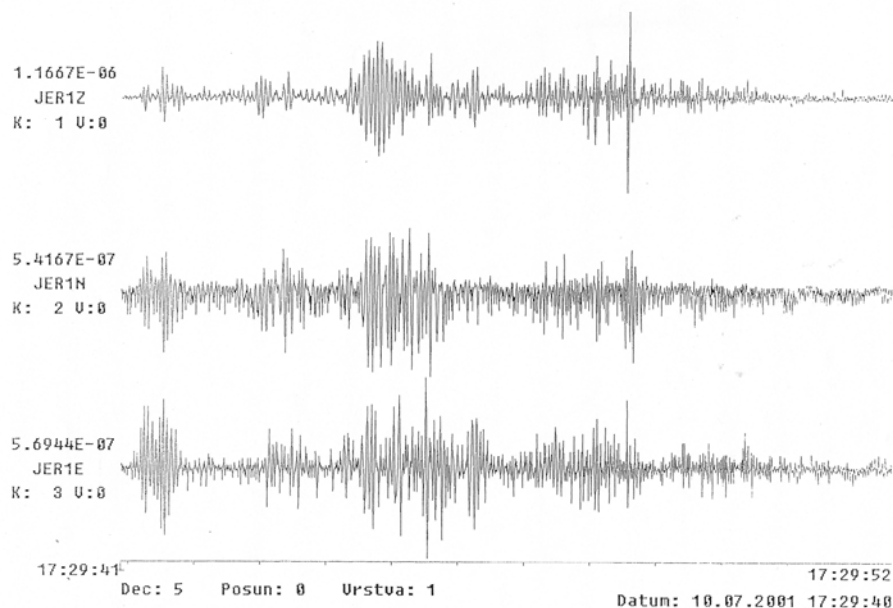
Tab.1. Typical range of selected characteristics of structural response for various sources (according ISO 4866:1990).

Zdroj vibrací	Frekvenční rozsah Hz	Rozsah amplitud pohybu 10^{-6} m	Rozsah amplitud rychlosti kmitání 10^{-3} m.s ⁻¹	Rozsah amplitud zrychlení kmitání m.s ⁻²
Pozemní doprava	1 - 80	1 - 200	0,2 - 50	0,02 - 1
Trhací práce	1 - 300	100 - 2500	0,2 - 500	0,02 - 50
Beranění pilot	1 - 100	10 - 50	0,2 - 50	0,02 - 2
Stroje venku	1 - 300	10 - 1000	0,2 - 50	0,02 - 1
Zvuk působený dopravou nebo venkovními stroji	10 - 250	1 - 1100	0,2 - 30	0,02 - 1
Stroje uvnitř	1 - 1000	1 - 100	0,2 - 30	0,02 - 1
Lidské aktivity				
a) náraz	0,1 - 100	100 - 500	0,2 - 20	0,02 - 5
b) přímé	0,1 - 12	100 - 5000	0,2 - 5	0,02 - 0,2
Zemětřesení	0,1 - 30	10 - 10^5	0,2 - 400	0,02 - 20

Výsledek krátkodobého experimentálního měření seismického pozadí

Základem seismologických úvah je krátkodobé experimentální měření seismického pozadí na lokalitě. V našem případě bylo realizováno seismickou aparaturou GCR-16 firmy GeoSIG AG ze Švýcarska, připojen byl senzor pro snímání rychlosti kmitání GSV-310. Měřicí stanice GCR-16 je tříkanálová digitální aparatura ovládaná přes port z personálního počítače, která je postavena na bázi moderní procesorové technologie. Je možno k ní připojit různé typy senzorů (rychlostní snímače nebo akcelerometry), což umožňuje provádět experimentální i rutinní měření vhodnou metodikou. To je umožněno také širokým rozsahem vstupních parametrů stanice GCR-16, jejichž nastavování se provádí za pomoci PC či Notebooku pomocí registračního programu Engineering View (EV). Stanice je umístěna v hliníkovém pouzdře s krytím IP65 (lze provozovat i v prostorách s vlhkostí až 100 %) o rozměrech 280x180x100 mm s celkovou hmotností cca 7 kg (včetně interních baterií). Základní jednotkou stanice je 16-bitový A/D převodník, umožňující nastavení vzorkovací frekvence 1000 vzorků za sekundu na každý kanál (frekvenční rozsah do 315 Hz), resp. 500 (do 160 Hz), 250 (do 80 Hz) či 125 (do 40 Hz). Stanice GCR-16 obsahuje dvě nezávislé záznamové paměti, jednu pro periodicky spouštěný („nepřetržitý“) záznam seismického pozadí, druhou pro záznam jednotlivých seismických jevů. Celková doba záznamů je závislá na zvolených parametrech záznamu, tj. době trvání jednoho záznamu a vzorkovací frekvenci. Časová informace je odvozena z interních hodin stanice, které je možno synchronizovat počítačovým časovým normálem (např. pomocí externího příjmu normálu DCF-77,5 kHz). Vestavěný interní bateriový zdroj umožňuje autonomní provoz stanice bez připojení na síť do dobu nejméně 2 dny. Nepřetržitý záznam lze nastavit se vzorkovací periodou od 1 sekundy po jednu hodinu. Spouštění záznamu jednotlivých jevů lze provést hardwarově i softwarově. Využit lze opět buď jednotlivé složky nebo sumární vektor (maximální nebo efektivní hodnota). Doba záznamu jevu před splněním spouštěcích podmínek (pre-event-time) lze nastavit v rozmezí 0,1 až 5 sekund, doba záznamu jevu po odeznění spouštěcích podmínek (post-event-time) v rozmezí 0,1 až 60 sekund. Zaznamenaná data můžeme předběžně prohlížet již v registračním programu EV, analyzovat a hodnotit je lze pomocí originálního softwaru CloseView, který byl vyvinut pro potřeby inženýrského hodnocení seismických jevů. Programový balík obsahuje všechny nezbytné funkce a vstupy pro detailní hodnocení, tj. například výpočet sumárního vektoru tříložkového záznamu, frekvenčních spekter (rychlá Fourierova transformace FFT, pásmové spektrum a výkonové spektrum), integrace, příp. dvojité integrace záznamů, stanovení efektivních hodnot záznamů, filtrace signálů, spektra odezvy a pod.. Základ tvoří jako u všech programů tohoto typu možnost změn měřítka záznamu v časové i hodnotové ose, tisk vstupních či vypočtených dat a převod dat do ASCII kódu.

Stanoviště pro naše krátkodobé měření bylo zřízeno v důlní prostře, senzor vibrací byl položen na „vodorovný rostlý terén“ a pro lepší kontakt přitížen horninou. Vzorkovací kmitočet digitálních záznamů byl zvolen 250 Hz, pre-trigger čas i post-trigger čas 5 s. Spouštění jednotlivých jevů bylo prováděno softwarově operátorem, v rozmezí asi 1 hodiny bylo pořízeno asi 20 desetisekundových záznamů. Naměřené hodnoty rychlosti kmitání jsou velmi nízké, zpravidla na úrovni prvních jednotek LSB. Podle sumárních grafů, hodnoty maximálních piků nepřesahují hodnotu $5 \cdot 10^{-6}$ m.s⁻¹ na horizontálních složkách, resp. $2 \cdot 10^{-5}$ m.s⁻¹ na vertikální složce. Přepočteme-li tyto hodnoty na akceleraci kmitání, dostaneme hodnoty odpovídající hodnotám do 0,6 mg (tj. $6 \cdot 10^{-3}$ m.s⁻²), což potvrdilo i měření aparaturou s akcelerometrickým snímačem. V období sníženého neklidu v noci byly naměřeny a po úpravě signálu eliminací stejnosměrné složky interpretovány hodnoty rychlosti kmitání do $4 \cdot 10^{-7}$ m.s⁻¹ na horizontálních složkách, resp. do $1 \cdot 10^{-6}$ m.s⁻¹ na vertikální složce.



Obr.3. Záznam seismického jevu vyvolaného průjezdem automobilu.
Fig.3. Record of seismic event generated by traffic.

Experimentálních měření technické seismicity

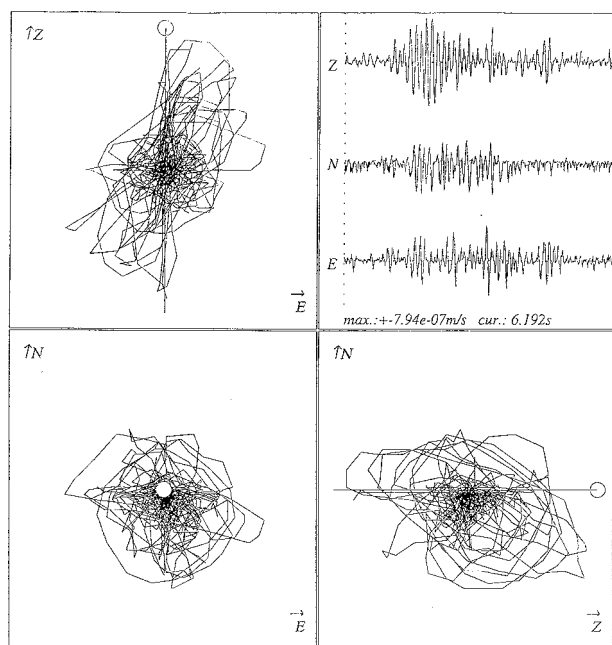
Tři stanoviště byla realizována v důlním díle, jejichž umístění bylo voleno tak, aby se nacházela přímo pod silnicí. Na těchto stanovištích probíhala měření při průjezdu nákladního vozidla nad důlním dílem a seismického neklidu. Dále byla zřizována krátkodobá stanoviště s ohledem na aktuální pracovní činnost v dole.

Krátkodobá měření pracovní činnosti v důlním díle

Po dobu provádění vrtacích prací malou ruční vrtačkou v průběhu dne bylo změřeno několik záznamů seismických projevů této činnosti. K tomuto účelu bylo operativně zřízeno postupně několik stanovišť. Rychlostní snímač byl umístěn ve vzdálenostech cca 5 m, 11,5 m a 30 m od místa vrtání. Tato pracovní činnost se na záznamech prakticky neprojevila, naměřené hodnoty odpovídají pouze měřeným šumovým hodnotám.

Krátkodobé měření průjezdu těžkého nákladního vozu na komunikaci nad důlním dílem

Na obr. 3 je záznam seismického jevu vyvolaného průjezdem automobilu. Shora dolů jsou rozloženy složky vertikální, vodorovná sever-jih a vodorovná východ-západ. Maximální naměřené hodnoty rychlosti kmitání v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ jsou vlevo od záznamů, na ně je normován rozsah kanálu (není jednotné měřítko na jednotlivých osách). V tomto případě je maximální interpretovaná hodnota rychlosti kmitání na



Loc. time: 10-07-01 17:29:40.888 St: JER1 from: 2.864s to: 6.192s $\beta: 180^\circ$ $\psi: 0^\circ$

Obr. 4. Polarizační analýza předchozího záznamu (pohyb hmotné částice v místě registrace rozložený do třech vzájemně kolmých rovin definovaných směry měření).

Fig. 4. Polarization analysis of the record presented above (particle motion at registration point that is decomposed into three perpendicular planes given by orientation of sensors).

horizontálních složkách přibližně $5,5 \cdot 10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$, na vertikální složce $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$. Na základě Fourierovy a harmonické analýzy záznamu lze interpretovat, že seismický projev tohoto vozidla v důlním díle byl převážně v rozsahu 7 až 20 Hz. Polarizační analýza záznamu (pohyb hmotné částice v místě registrace rozložený do třech vzájemně kolmých rovin definovaných směry měření - obr. 4) prokázala téměř chaotický pohyb částice s nevýrazným protažením ve vertikálním směru. Tato analýza ukazuje, že vyvolaný seismický jev nezpůsobil usměrněné nebo rezonanční kmitání důlního díla nebo jeho části.

Dále bylo realizováno měření seismických projevů vyvolaných v důlním díle provozem po komunikaci nad ním. Za tímto účelem byl zorganizován několikanásobný průjezd velkého nákladního vozu plně naloženého kamením. Měření bylo prováděno současně na všech třech stanovištích. Pořizovány byly operátorem spouštěné záznamy (průjezd nad důlním dílem byl předem časově přesně určen) a též trvalé záznamy s taktovací frekvencí 1 s. Analýzou záznamů nebyl prokázán vliv této dopravy na důlní dílo, naměřené hodnoty se shodují s běžnou činností v důlním díle. Maximální hodnoty nepřesáhly na vodorovných složkách $6 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ na horizontálních složkách, resp. $3 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$ na vertikální složce.

Závěr

Cílem presentovaného příspěvku bylo provést základní hodnocení seismického pozadí a vyhodnotit vliv dopravy po komunikaci nad důlním dílem Dolu Jeroným. Úroveň seismického pozadí je velmi nízká, řádově 10^{-7} m.s^{-1} , což umožňuje instalovat velmi citlivé snímače. Je však nutno mít na paměti, že cílem dalších měření budou intenzivní projevy seismicity, které budou vyvolány plánovanými stavebními úpravami důlního díla a okolí. Proto je nutno zvolit amplitudový rozsah aparatur tak, aby nezkresleně zachytil nejvyšší úrovně rychlosti kmitání, a to i za cenu, že nebudou dostatečně kvalitně zaznamenány nejslabší projevy a seismický šum (nedostatečné prokvantování registrovaného signálu), případně nebudou tyto nejslabší projevy vůbec zaznamenány. Vyšší hodnoty rychlosti kmitání lze také oprávněně očekávat při vzniku přirozených intenzivních seismických jevů v nedaleké zdrojové oblasti u obce Nový Kostel a registrací seismických projevů odpařů trhavín v nedalekých povrchových lomech.

Experiment s průjezdem nákladního automobilu naloženého kamenem ukázal, že běžná doprava nevyvolává seismické projevy, které by vedly ke zvýšení seismického zatížení důlního díla.

Návrh systému seismologického monitoringu předpokládá krátkodobá experimentální měření mobilní třísložkovou stanicí s cílem získat dílčí poznatky o vlivu technické seismicity vyvolané trhacími pracemi, hornickou činností a provozem na komunikaci na historické prostory důlního díla. Nutno použít aparatury s velkým frekvenčním i amplitudovým rozsahem, vhodné využít měření rychlosti i akcelerace vyvolaného kmitání. Dále by bylo vhodné kontinuální měření přirozeného seismického zatížení lokality stabilní třísložkovou stanicí. Dolní mezní frekvence aparatury nejméně 0,5 Hz, nutno zabezpečit aparaturu proti krátkodobým a střednědobým výpadkům sítě 220 V.

Literatura

- ČSN 73 0040 - Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva. ČNI 1996.
 DOJČÁR, O., HORKÝ, J. a KOŘÍNEK, R.: Trhacia technika. MONTANEX, a.s., Ostrava, 1996, s.421.
 KRACKE, D. et al.: Seismic Hazard Assessment of the East Thuringian Region/Germany – Case Study. *Studia geoph. et geod.*, Vol. 44/4, AS CR, Prague, 2000, s.537-548.
 PROCHÁZKOVÁ, D and ŠIMŮNEK, P.: Regional Earthquake Catalogue and Focal Regions in Central Europe. *ACTA MONTANA IRSM AS CR*, Ser. A, No. 13(111), 1999, pp.5-82.
 SKÁCELOVÁ, Z., NEHYBKA, V. and HAVÍŘ, J.: Seismicity in the Area of Western Bohemia. *EGRSE*, V.2, 1998, pp.7-15.
 ŽŮREK et al.: Geomechanická stabilita kulturní památky Důl Jeroným – Čistá, okr. Sokolov. Odborný báňský posudek, VŠB – Technická univerzita Ostrava, ISBN 80-7078-897-6, 2001, 46s. a přílohy.
Studia geophysica et geodaetica. Vol. 44/2 a 44/4, AS CR, Prague, 2000.
 Sborníky regionálních konferencí seismologů a inženýrských geofyziků s mezinárodní účastí. Ústav geoniky AV ČR, Ostrava, 1992-2000.
 Zborník referátov z mimoriadneho seminára Počítačové zpracovanie údajov československej seizmickej siete. CSAS, Bratislava, 1986, s. 349.
 Proceedings of workshop Earthquake Swarm 1985/86 in Western Bohemia. CSAS, Prague, 1986, s. 415.